

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Modernizace obrábění těsnícího kroužku

Modernization of Sealing Ring Machining

Student:

Tomáš Rozman

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student:

Tomáš Rozman

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2303R002 Strojírenská technologie

Téma:

Modernizace obrábění těsnicího kroužku
Modernization of Sealing Ring Machining

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Moderní metody obrábění.
3. Návrh technologie pro vybranou součást.
4. Diskuze experimentálních prací.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2010. 138 s. ISBN 978-80-248-2278-4.
- [2] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013


Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20.5.2013

Tomáš Rožman
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 20.5.2013


.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Rozman

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Marty Rožánkové 62/2, Břuchotín

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ROZMAN, Tomáš. *Modernizace obrábění těsnícího kroužku*. Ostrava, 2013. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 60 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Cílem bakalářské práce je modernizace výroby těsnícího kroužku čerpadla, který slouží k utěsnění ložiskových těles v tělese kozlíku proti úniku oleje. Teoretická část bakalářské práce obsahuje stručný popis firmy, popis vyráběného těsnícího kroužku, který se nachází v tělese kozlíku, a shrnutí moderních metod obrábění. Praktická část práce se skládá z modernizovaného technologického postupu pro výrobu těsnícího kroužku, jednotlivých výpočtů normy času a zhodnocení konvenčního a modernizovaného technologického postupu výroby. Vytvořený technologický postup pro CNC soustruh a následné porovnání se zastaralým postupem výroby je výsledkem modernizace obrábění těsnícího kroužku, která byla cílem bakalářské práce.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ROZMAN, Tomáš. *Modernization of Sealing Ring Machining*. Ostrava, 2013. Bachelor Thesis. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 60 p. Thesis head: doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

The objective of the Bachelor Thesis is manufacturing modernization of the pump wear ring destined for sealing bearing housings in the bearing bracket body to prevent any leakage. Theoretic part of the Bachelor Thesis contains a brief description of the company, a description of the wear ring being currently manufactured which is located in the bearing bracket body and a brief summary of advanced methods of machining. Practical part of the Thesis consists of a streamlined technological procedure of manufacturing the wear ring, a single calculation of the times-standard and evaluation of conventional and streamlined technological procedures of manufacture. The technological procedure created for a CNC lathe using and the subsequent comparison with outdated manufacturing procedures have resulted in precise machining of the wear ring, which was the main objective of this Bachelor Thesis.

Obsah

Obsah	6
Seznam použitých zkratk	8
0. Úvod.....	9
1. Obecná charakteristika daného problému	10
1.1 Utěsnění ložiskových těles pomocí labyrintových kroužků.....	10
2. Moderní metody obrábění.....	14
2.1 CNC obráběcí stroje.....	14
2.1.1 CNC soustružnické stroje	14
2.2 Vysokorychlostní obrábění	16
2.2.1 Stroje pro HSC technologii	17
2.2.2 Řezný material.....	17
2.2.3 Výhody a nevýhody HSC.....	18
2.3 Supertvrdé řezné materiály	18
2.3.1 Diamant	19
2.3.2 Kubický nitrid boru	20
2.4 Rozdělení obráběných materiálů.....	22
2.5 Technologie wiper.....	23
3. Návrh technologie pro vybranou součást.....	24
3.1 Obráběcí stroje použité při výrobě klasickým způsobem	24
3.2 Technologický postup klasickým způsobem	25
3.3 Výpočet normy času.....	29
3.4 Obráběcí stroje použité při výrobě moderním způsobem	35
3.5 Soustruh PNK – 500 CNC	36
3.6 Technologický postup PNK - 500 CNC.....	38
3.7 Programová návodka.....	41

3.8	Výpočet normy času.....	44
4.	Diskuze experimentálních prací.....	47
5.	Technicko – ekonomické zhodnocení.....	48
5.1	Výpočet nákladů pro výrobu 15 ks	48
5.2	Výhodnost využití soustruhu PNK – 500 CNC od určitého počtu kusů....	50
6.	Závěr	52
7.	Seznam použité literatury	54
8.	Seznam příloh	56

Seznam použitých zkratek

Značení	Význam	Jednotka
a	Hloubka záběru	[mm]
CAD	Počítačem podporovaný návrh	[-]
CAM	Počítačem podporovaná výroba	[-]
CNC	Počítačem číslicově řízený stroj	[-]
D	Průměr obrobku	[mm]
f	Posuv	[mm.min ⁻¹]
HSC	Vysokorychlostní obrábění	[-]
i	Počet třísek	[-]
k _c	Koeficient směnového času	[%]
l	Celková délka	[mm]
l _n	Délka náběhu	[mm]
l _p	Délka přeběhu	[mm]
n	Otáčky vřetene	[ot/min]
N _{hs}	Hodinová sazba	[Kč.hod ⁻¹]
N _i	Náklady	[Kč]
PKD	Polykrystalický diamant	[-]
PKNB	Polykrystalický kubický nitrid bóru	[-]
Ra	Průměrná aritmetická úchylka	[μm]
t _a	Jednotkový čas	[min]
T _{AC}	Norma jednotkového času s přírážkou	[min]
t _b	Přípravný čas	[min]
t _s	Strojní čas	[min]
VBD	Vyměnitelné břitové destičky	[-]
v _c	Řezná rychlost	[m.min ⁻¹]
X,Z	Osy soustruhu	[-]

0. Úvod

Strojírenství se řadí mezi důležitá odvětví světového průmyslu a z hlediska ekonomického je to nepostradatelná součást hospodářství v České republice. Se strojírenskou výrobou se denně setkáváme a využíváme ji. Jsou to například automobily, letadla, elektrárna a jiné potřebné věci. Ve strojírenství se využívá znalostí z věd jako jsou mechanika, kinematika, dynamika atd. Důležitá součást strojírenství jsou také počítače, na kterých inženýři využívají služeb programů jako jsou CAD, Inventor, CAM a jiné k automatizaci a zdokonalení strojírenské výroby.

1. Obecná charakteristika daného problému

Sigma Lutín a.s. je provozována již od roku 1868, kdy zakladatel Ludvík Sigmund začal podnikat v oboru pump, a vznikla tak jeho pumpařská živnost.

Firma má v Lutíně svůj základní závod, který se zabývá výrobou čerpadel a čerpacích zařízení. Závod má zkušební vybavenost na vysoké úrovni. Systém jakosti je certifikován dle normy EN ISO 9001 : 2000.

Obecně má Sigma mnoho tuzemských dceřiných společností, které soustředí svůj výrobní program na produkty jak pro energetiku klasickou, tak i jadernou, pro petrochemii, doly, hutě, strojírenství, teplárenství, vodárenství a pro další obory a technologie. Dále má v zahraničí 3 dceřiné firmy a to v Polsku, Slovensku a na Ukrajině.

1.1 Utěsnění ložiskových těles pomocí labyrintových kroužků

V současné době se k utěsnění hřídelí v ložiskových tělesech stále používají gufera, ale vzhledem k požadavkům na bezúdržbový provoz je nutné hledat vhodnější řešení, které zajistí jak dokonalé utěsnění vnitřního prostoru a zabrání úniku oleje z ložiskového prostoru, tak také zabrání průniku nežádoucích kapalin zvenčí do ložisek – v případě čerpadel pak vody nebo jiných čerpaných kapalin, především u aplikací s měkkou provazcovou ucpávkou, kde čerpaná kapalina unikající přes měkkou ucpávku může postupovat po hřídeli až k ložiskovému tělesu. Jedním z takových řešení utěsnění jsou jednoduché labyrintové kroužky. Tyto kroužky mají za úkol vrátit olej, který je vlivem odstředivých sil (roztříkem) „hnán“ směrem ven po hřídeli.

Těsnícího efektu je dosaženo jednak malou spárou mezi těsnícím kroužkem a hřídelí, a také vnitřními „O“ kroužky, které sbírají (odstříkují) přebytečný olej postupující po hřídeli.

Zde je nezbytná správná volba materiálů a také relativně přesná montáž labyrintových těsnících kroužků.

Kroužky jsou i z důvodu snížení nákladů použity ve dvou provedeních – kroužek těsnící „na obě strany“ – umísťuje se na stranu ložiskového tělesa, kde je ucpávka, a kroužek těsnící pouze olej na stranu druhou, kde nehrozí průnik nežádoucích kapalin do oleje.

Labyrintové těsnící kroužky – výhody oproti guferu:

- Nesrovnatelně vyšší životnost.
- Téměř nulová poruchovost.
- Nižší riziko selhání díky použitým materiálům a konstrukci.
- Jednoduchá montáž a demontáž.
- V konečném důsledku nižší cena těsnící aplikace i přes vyšší pořizovací náklady.
- Není nutno speciální povrchové úpravy pod tyto labyrintové kroužky. Při utěsnění pomocí gufer je nutno speciální povrchové úpravy pod tyto labyrintové kroužky. Při utěsnění pomocí gufer je nutno povrchově upravit hřídel v místě břitu gufera, což není moc obvyklé, z toho vyplývají další náklady na výrobu povrchově upraveného pouzdra pod břit gufera.

Konstrukce labyrintového kroužku:

Kroužek se sestává z těchto součástí:

- Těleso kroužku
 - Vhodným materiálem pro těleso kroužku je bronz – nejčastěji a nejvýhodněji ve formě odlitku pro výrobu více kusů najednou postupným upichováním jednotlivých kroužků – ke správné funkci je třeba dodržet toleranci vnitřního průměru kroužku (kolem hřídele) cca 0,35 mm a pro správnou montáž toleranci h8 na vnějším průměru pro umístění kroužku do tělesa nebo víčka ložiskového tělesa.
 - Kroužek je vyroben s drážkami, dírou a značkou polohy kroužku.
 - Drážka pro vnější těsnící kroužek.
 - Značka polohy „zafrézování“ zajišťující správné umístění polohy kroužku v ložiskovém tělese nebo ve víčku ložiskového tělesa. Zmiňované zafrézování musí směřovat nahoru přesně o 180° nad slepou dírou kroužku, která je zhotovena jen přes tři drážky pro „O“ kroužky, které slouží jako odstříkovací kroužky. Jedině tak je zajištěno vrácení odstříknutého oleje zpět do ložiskového prostoru.
 - Drážky pro umístění vlastních těsnících odstříkujících elementů – kroužků zbavujících hřídel přebytečného oleje a vracejících tento olej nazpět. V případě použití kroužku v kombinaci s měkkou provazcovou ucpávkou eliminující průnik čerpané kapaliny, která může z provazcové ucpávky dostávat po hřídeli směrem k ložiskům.
 - Díra orientovaná zevnitř ložiskového prostoru zajišťující odvod přebytečného oleje nazpět – tato díra prochází skrz všechny tři vnitřní drážky a je nutné ji v konečné aplikaci umístit nad ideální hladinu oleje v tělese, aby pak kroužky nebyly permanentně zality

olejem – to by mohlo mít za následek nežádoucí vztlínání oleje až za těsnicí elementy a v konečném důsledku únik oleje z tělesa – díra musí být po montáži umístěna přesně pod osou hřídele, aby nedošlo k hromadění oleje v drážkách tělesa kroužku.

- Díra orientovaná zespodu směrem ven při čtyřdrážkovém provedení (směrem k ucpávce), kterou odkapává čerpaná kapalina zachycená vnějším těsnicím elementem, a nedostává se tak možnost proniknout do oleje a tím pádem jej znehodnotit.
- Vnější těsnicí kroužek
 - Vzhledem k tomu, že tento kroužek nepříjde při správném použití (hlavně montáží) do styku s olejem ani s čerpanou kapalinou, je dostačující použít O-kroužky z materiálu například NBR (nitril-butadien kaučuk), které jsou na vnějším průměru usazeny v drážce a vzhledem k toleranci drážky a kroužku zajišťují polohu labyrintového těsnicího kroužku.
- Vnitřní těsnicí kroužky
 - Při bronzovém provedení labyrintového kroužku je vhodné, aby měl materiál „O“ kroužků příslušné vlastnosti – v tomto případě musí být trvanlivý za dostatečné pevnosti kvůli nasazení na hřídel, a to s mírným přesahem z důvodu funkčnosti odstříku a rovněž musí mít nízký součinitel tření, aby se předešlo poškození vlastního tělesa labyrintového kroužku – tyto vlastnosti výborně splňují například kroužky z teflonu (PTFE). Jsou navíc odolné vůči drtivé většině čerpaných kapalin a také vůči oleji.
 - V klasických aplikacích je jeden kroužek použit na ochranu oleje vůči čerpané kapalině a tři kroužky (vzhledem k viskozitě oleje) pro vlastní utěsnění ložiskového prostoru proti úniku oleje.

Montáž kroužku:

- Do vnitřních drážek se umístí teflonové kroužky těsnicí hřídel – kroužky jsou zde volně.
- I přes použití tolerance h8 a vnějšího O-kroužku k dodržení správné polohy je vhodné použít těsnicí tmel (například Loctite 603) a před jeho použitím povrch důkladně odmastit (například Loctite 7061).
- Na vnější průměr kroužku a na víčko se nanese vrstva těsnicího tmele.
- Natlačit kroužek do díry a zkontrolovat správné usazení podle orientační značky.
- Montáž kroužku by pak měla probíhat v čistém prostředí při teplotě ideálně 10-30°C.
- Spuštění by pak mělo proběhnout přibližně po 12-ti hodinách, aby mohl tmel ideálně zatuhnout.

Údržba kroužku:

- Správně namontovaný kroužek vyžaduje pouze jednoduchou údržbu – každých cca 30 000 provozních hodin kroužek vyjmout, vyměnit vnitřní teflonové kroužky, vyčistit drážky a kroužky dle potřeby umístit nové. Stejně tak zkontrolovat vnější O-kroužek a v případě potřeby vyměnit.



Obr. 1 - *Pohled na těsnicí kroužek*



Obr. 2 - *Pohled na těsnicí kroužek*

2. Moderní metody obrábění

2.1 CNC obráběcí stroje

Strojírenství a obráběcí stroje jsou důležité oblasti v ekonomice každého vyspělejšího státu. S nástupem CNC strojů a obráběcích center vzrostl význam strojírenství na trhu. Od CNC strojů se požaduje, aby jejich práce byla v bezobslužném provozu. Po splnění tohoto požadavku je možné CNC stroje spojovat do tzv. automatizovaných výrobních soustav. Jako poslední možnost automatizace je automatizovaný výrobní závod.

Pro CNC stroje je typické ovládání všech funkcí stroje přes řídicí systém (tj. pohyby, výměna nástrojů a obrobků a další činnosti). CNC stroje umožňují snížení nákladů tím, že jsou spolehlivě konstruovány a uzpůsobeny pracovat ve třísměnném provozu a pracují v automatickém cyklu. Tyto aspekty se projevují ve snižování vedlejších časů. [4]

Rozdělení CNC obráběcích strojů:

- CNC soustružnické stroje
- CNC vyvrtávací stroje
- CNC frézovací stroje
- CNC brousící stroje
- CNC obráběcí stroje na ozubení
- CNC obráběcí centra na nerotační součásti

2.1.1 CNC soustružnické stroje

Obecně jsou soustružnické stroje řazeny do nejrozšířenější skupiny strojů obráběcích, u kterých se k obrábění používají soustružnické nože s definovanou geometrií břitu a také tento druh strojů představuje nejrozšířenější druh strojů pro obrábění rotačních součástí. Na CNC soustruzích lze obrábět plochy vnější i vnitřní tvaru válcového, ale i tvaru kuželového, čelní rovinné plochy, řezat závit, vrtat, vyvrtávat, vystružovat atd. [4]

Soustružnické stroje mají význačný rotační (hlavní řezný) pohyb, který znamená otáčení obrobku upnutého ve sklíčidle. Pro přesné soustružení je důležité přesné uložení činné části (vřetena) soustruhu, tuhost konstrukce a její tvarová přesnost. [4]

Vznik číslicového řízení vnesl do soustružení nové možnosti práce. Jako jsou zjednodušení konstrukce z hlediska prvního a z druhého hlediska to jsou jiná, nová a nutná konstrukční opatření. Číslicové řízení zjednodušilo obrábění obecných (tvarových) rotačních ploch, je snadnější řezání závitů a vazba kinematická je nahrazena vazbou, která je v řídicím počítači. Číslicově řízené soustružnické centrum má ovšem větší nároky než soustruhy pro konvenční obrábění. Posuvové hnací systémy musí mít vymezeny posuvové vůle, důležitá je také vysoká tuhost, v převodech je potřeba snížit odpor a k funkčnosti strojů jsou potřeba vhodná čidla. Tato čidla odměřují hodnoty jako je rychlost, točivý moment nebo proud, ale také poloha nástroje a jeho dráha. [4]

Konstrukce hlavních částí soustruhu:

- Lože
 - Základní část stroje (nosná část).
 - Potřeba zajištění tuhosti lože v ohybu a kroucení.
 - Umísťuje se na betonový základ a připevní se, zajistí pomocí dostatečně dimenzovaných šroubů.
 - Vhodný tvar lože je uzavřený, vyztužený žebry.
 - Musí umožnit dobrý odchod třísek – horké třísky mohou ovlivnit přesnost obrábění z důvodu teplotní dilatace.
 - Vodící plochy a jiné mechanismy musí chránit k tomu určené krytování, aby je nemohly padající třísky nijak poškodit.
 - Materiál pro výrobu lože je nejčastěji šedá litina.
 - Nejrozměrnější část stroje, požadavek na jednoduchou a levnou výrobu a co nejmenší možnou hmotnost – nízká hmotnost nesmí nepříznivě ovlivnit jak statickou, tak i dynamickou tuhost. [4]
- Vřeteník
 - Ovlivňuje z velké části kvalitu obráběcího stroje.
 - Je zapotřebí jeho dostatečná tuhost a pevné spojení s ložem.
 - Hlavním požadavkem na vřeteník je, aby zachycoval radiální a axiální zatížení způsobené samotným řezným procesem a také hmotností upnutého obrobku.
 - Uložení vřetena je provedeno ve dvou ložiscích a to v předním a v zadním. Přední ložisko má vliv na otáčivý pohyb.

- Vřeteno je z přední strany vhodně upraveno normalizovaným koncem pro nasazení sklíčidla, upínací desky, hrotu ke středění obrobku nebo upínací kleštiny.
 - Malé soustruhy a část středních mají univerzální sklíčidlo (snímatelné) a upínací desku pro upnutí obrobku. [4]
- Suport
 - Část stroje složena stavebnicovým způsobem. Vzájemně se po sobě pohybuje několik součástí.
 - Síly vznikající při obrábění jsou suportem zachycovány a přenášeny.
 - Požadavek na dostatečnou tuhost a musí se počítat s vůlemi v jednotlivých vedeních, které budou ovlivňovat přesnost. [4]
- Koník
 - Pro upnutí obrobku mezi hroty.
 - Potřeba zajistit radiální (kolmo na podélnou osu stroje) tuhost koníku a pinoly.
 - Axiální tuhost (v ose stroje) není požadována, protože při obrábění dochází k tepelnému ovlivnění obráběného materiálu, tím k roztažení obrobku a mohlo by dojít k jeho poškození a následné nepřesnosti obrábění. V axiální směru je tedy požadována malá poddajnost koníku. [4]

Soustruh v provedení CNC stroje má možnost vykonávat pouze soustružnické operace. Další možností je soustružnické obráběcí centrum a to musí umožňovat:

- Větší množství technologických operací (tj. vrtání, frézování, soustružení)
- Automatickou výměnu nástrojů ve formě nástrojového zásobníku a také automatickou výměnu obrobků bez zásahu obsluhy centra.
- Vysokorychlostní obrábění (HSC) a také práci ve více osách.
- Automatický cyklus obrábění. [4]

2.2 Vysokorychlostní obrábění

Pojmu vysokorychlostní obrábění (HSC) lze rozumět tak, že se jedná o vysoce výkonné obrábění, při kterém dochází k velkým úběrům materiálu za časovou jednotku. I když má stroj velké otáčky vřetene například 8000 min^{-1} , neznamená to, že se jedná o metodu HSC. Při metodě vysokorychlostního obrábění jde hlavně o vysoké rychlosti posuvů a použití velmi vysokých řezných rychlostí. [1]

Mezi další technologie HSC se řadí obrábění suché a tvrdé. Oblast, do které se soustředí suché obrábění, je vyloučení nebo minimalizace užití procesních kapalin

a redukce nákladů na jejich filtraci a recyklování. Tvrdé obrábění znamená obrábění materiálů s vysokou tvrdostí (např. kalené oceli) nástroji s definovanou geometrií břitu jako náhrada za dříve užívanou technologii broušení. [1,4,10]

2.2.1 Stroje pro HSC technologii

Technologie vysokorychlostního obrábění zahrnuje nové požadavky na obráběcí stroje. Pro nerotační obrobky se nejčastěji používají tři až pětiosá obráběcí centra a pro obrobky rotačního tvaru se používají čtyř až pětiosá soustružnická centra.

Důraz při HSC obrábění je kladený na soustavu S – N – O (Stroj – Nástroj – Obrobek). Od soustavy je požadována její vysoká tuhost. Rám musí být lehký a tuhý s dobrým tlumením vibrací, šoků a rázů. Při obrábění HSC se značně zvyšuje teplo, které vzniká při procesu obrábění, a až $\frac{3}{4}$ odchází třískou a z tohoto důvodu musí být zajištěno rychlé odstranění třísek. Mezi další důležité části stroje patří vřeteno – jsou na něj kladeny vysoké požadavky z hlediska počtu otáček za minutu a kroučícího momentu. Otáčky vřetene jsou v rozmezí 15000 – 70000 ot./min. V HSC strojích jsou již často vřetena zbavena mechanických převodů jako u klasického konvenčního obráběcího stroje a mají přímo integrovaný elektromotor. [1]

2.2.2 Řezný materiál

Volba řezného materiálu v technologii vysokorychlostního obrábění je velmi důležitým prvkem. Řezné materiály musí mít vysokou houževnatost, tvrdost povrchu a také jejich odolnost proti chemickému působení musí být dostačující. Podle druhu obráběného materiálu se liší použití moderních řezných materiálů. K vysokorychlostnímu obrábění ocelí se používají zejména povlakované karbidy a cermety, pro obrobení litiny je vhodné využít řeznou keramiku, pro litinu i kalenou ocel je vhodné využít kubický nitrid boru a pro neželezné materiály diamanty. [1]

2.2.3 Výhody a nevýhody HSC

Výhody HSC:

- Větší objem odebraného materiálu než u konvenčního obrábění (asi o 30%).
- Teplo, které vznikne při obrábění, se ve větším poměru odvádí třískou (75% se odvede třískou, 10% tepla je odvedeno břitem nástroje, 10% okolním prostředím a 5% obrobkem).
- Při vysokorychlostním obrábění je znatelně lepší kvalita obrobeného povrchu, díky které jsou minimalizovány nebo odstraněny dokončovací operace.
- Omezení chvění.
- Dosažení drsnosti kolem Ra 0,2. Vyplatí se při dokončovací operaci. [1]

Nevýhody HSC:

- Drahé vybavení (stroje, nástroje, řezné materiály).
- Nutnost speciálního upnutí obrobků.
- Břit nemá takovou výdrž a rychleji se otupuje.
- Bezpečnost obsluhujícího personálu je nákladnější v porovnání s konvenčním obráběním.
- Velké hodnoty při vysokorychlostním obrábění jak u zrychlení, tak u zpomalení vřetene vedou k rychlejšímu opotřebení ložisek, vedení a uložení stroje. Tyto fakty jsou znatelné v nákladech na opravu a údržbu strojů.
- Je nutné, aby obsluha odborně znala tuto technologii. [1]

2.3 Supertvrdé řezné materiály

Všeobecně užití moderních řezných materiálů při třískovém obrábění nástroji s definovanou geometrií břitu přináší krácení strojních časů. V tomto důsledku lze volit vyšší rychlosti posuvu nebo rychlost obrábění. Mezi supertvrdé materiály se řadí diamant a kubický nitrid boru. [2]

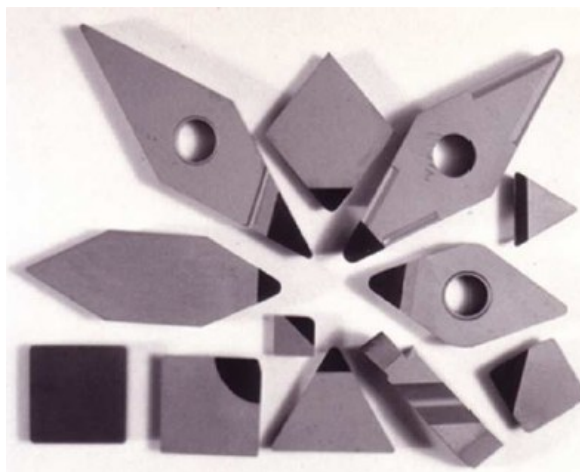
Supertvrdé materiály se řadí k dražším materiálům, a proto se jejich použití musí zvážit z ekonomického hlediska. Jejich využití je účelné na větší série a rozměrnější obrobky. [2]

2.3.1 Diamant

PKD (polykrystalický diamant) se využívá při obrábění. Skládá se z diamantových částic slinutých dohromady pomocí kovového pojiva. Diamant patří mezi nejtvrdší přírodní látky. Jeho teplota tavení přesahuje více než 4000°C. [2,9]

Použití nástrojů z PKD je omezeno pro obrábění zejména neželezných materiálů, kde je prioritou vysoká požadovaná přesnost rozměrů obrobku a také jakost povrchu. Oblast využití destiček z PKD je soustružení a frézování např. hliníkových a křemíkových slitin. PKD je také využíváno pro obrábění ostatních nekovových materiálů, jako jsou plasty, pryž, lamináty a další. Dále je také jejich využití pro obrábění **bronzy**, mosazi, mědi a jiných neželezných materiálů. Při obrábění PKD lze chladit procesní kapalinou bez jakéhokoliv omezení. Destičky z PKD se z důvodu jejich vysoké pořizovací ceny využívají pouze ve velkosériové výrobě a po předchozím ekonomickém zhodnocení. [2,8]

- Nástroje z PKD – způsoby výroby:
 - Výroba vyměnitelných břitových destiček z PKD připájením tzv. roubíku na vyměnitelnou břitovou destičku ze slinutého karbidu. Roubík je vyroben slinutím diamantových částic a kovového pojiva. [2]



Obr. 3 - Připájené segmenty PKD na destičky ze slinutého karbidu [6]

- Nanášení povlaku z diamantu. Na nástroj (např. fréza, vrták) nebo na vyměnitelnou břitovou destičku, která je z jiného materiálu (např. slinutý karbid, nitrid nebo karbid křemíku, atd.) se nanese diamantový povlak požadovaného typu.

Obvyklá metoda nanášení diamantového povlaku je chemická metoda CVD. Je to chemický proces povlakování založený na reakci plynných chemických sloučenin. [2]

2.3.2 Kubický nitrid boru

Kubický nitrid boru (KNB) se nenachází v přírodě a z tohoto důvodu je vyráběn synteticky. Vyrábí se z přírodního nitridu boru (BN). [8,9]

KNB má v porovnání s diamantem skoro dvojnásobnou tepelnou odolnost. Je stálý do téměř dvojnásobné teploty. Aby došlo ke změnám, musí teplota přesahovat 1400°C (1400 – 1550°C). KNB je chemicky inertní vůči železu a díky tomu je vhodnější k jeho obrábění oproti diamantu, který se nedá použít na obrábění železa. [2]

PKNB má mimořádně vysokou tvrdost za tepla a lze ho při třískovém obrábění využít při velmi vysokých řezných rychlostech. Doporučená oblast jeho využití je zejména při dokončovacím soustružení tvrzených ocelí o tvrdosti nad 45 HRC. Destičky z tohoto materiálu se dají využít i při tvrdosti nad 55 HRC, kde mohou nahradit tradičně používané metody broušení. PKNB lze využít také ve vysokorychlostním obrábění pro hrubování šedé litiny (soustružení, frézování). [2]



Obr. 4 - Destičky z PKNB [7]

- Nástroje z PKNB – způsoby výroby:
 - Výroba vyměnitelných břitových destiček z PKNB:
 - a) Destička z kompaktního tělesa PKNB.
 - b) Destička s připájenou silnou vrstvou PKNB.
 - c) Destička s připájeným roubíkem s PKNB. [2]
 - Nanášení povlaku z PKNB. Pro obrábění tvrdých materiálů je potřeba mít dostatečně tvrdý rezný materiál, a tím jsou supertvrdé materiály. Z nich je využitelný pro velmi tvrdé materiály, jako je např. tvrzená ocel, pouze KNB. VBD z KNB jsou příliš drahé a to byl důvod pro vyvinutí povlaku z KNB, který se nanáší na destičku ze slinutého karbidu. [2]

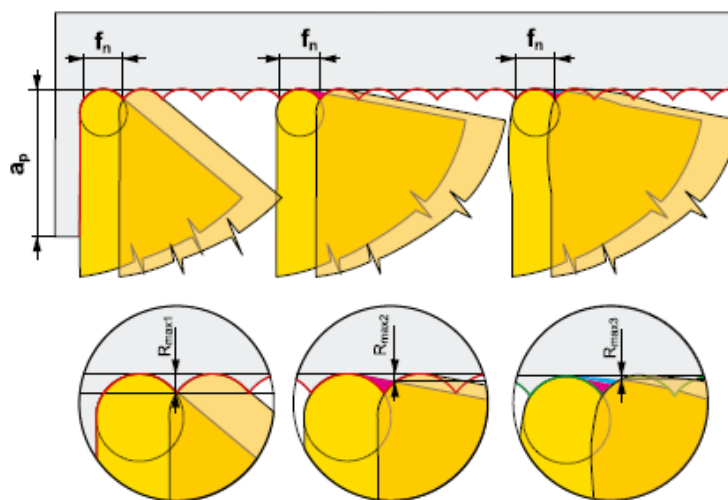
2.4 Rozdělení obráběných materiálů

Tab. 1 - Rozdělení obráběných materiálů [11]

ROZDĚLENÍ OBRÁBĚNÝCH MATERIÁLŮ	
P	<ul style="list-style-type: none"> - uhlíkové (nelegované) oceli třídy 10, 11, 12 - legované oceli tříd 13, 14, 15, 16 - nástrojové oceli uhlíkové (191..., 192..., 193...) <ul style="list-style-type: none"> např.: 19132 - vysokouhlíková ocel ke kalení ve vodě - nástrojové legované oceli (193.. až 198..) <ul style="list-style-type: none"> např.: 19802 - rychlořezná wolframová ocel - uhlíková ocelolitina skupiny 26 (4226..) - nízko a středně legované ocelolitiny skupiny 27 (4227..) - feritické a martenzitické korozivzdorné oceli (třídy 17..., lité 4229..)
M	<ul style="list-style-type: none"> - austenitické a feriticko austenitické oceli - korozivzdorné, žáruvzdorné a žárupevné - oceli nemagnetické a otěruvzdorné
K	<ul style="list-style-type: none"> - šedá litina nelegovaná i legovaná (4224..) - tvárná litina (4223..) - temperovaná litina (4225..)
N	<ul style="list-style-type: none"> - neželezné kovy, slitiny Al a Cu (např.: 423119 - bronz)
S	<ul style="list-style-type: none"> - speciální žárupevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti
H	<ul style="list-style-type: none"> - zušlechtěné oceli s pevností na 1500 MPa - kalené oceli HRC 48 - 60 - tvrzené kokilové litiny HSh 55 - 85

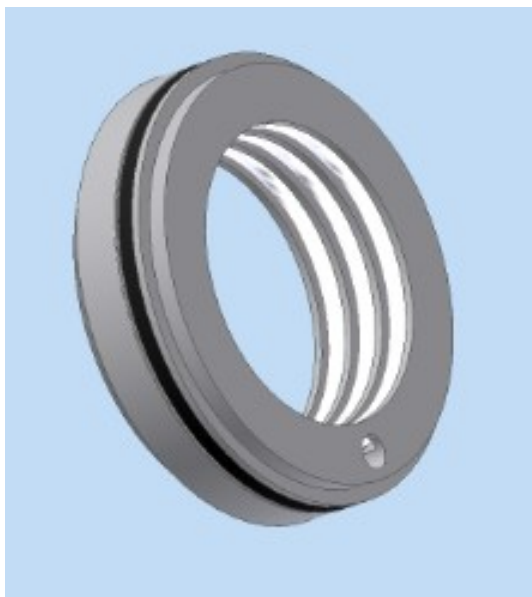
2.5 Technologie wiper

Při soustružení s využitím vyměnitelných břitových destiček s geometrií wiper a úhlem nastavení $\kappa_r = 90^\circ - 95^\circ$ se dosahuje dvakrát lepší drsnosti povrchu R_a při stejném posuvu. Technologie wiper má také výhodu v tom, že můžeme zdvojnásobit posuv a výsledná drsnost povrchu bude stejná. [11]



Obr. 5 - Technologie wiper [11]

3. Návrh technologie pro vybranou součást



Obr. 6 - Model vyráběného těsnicího kroužku

3.1 Obráběcí stroje použité při výrobě klasickým způsobem

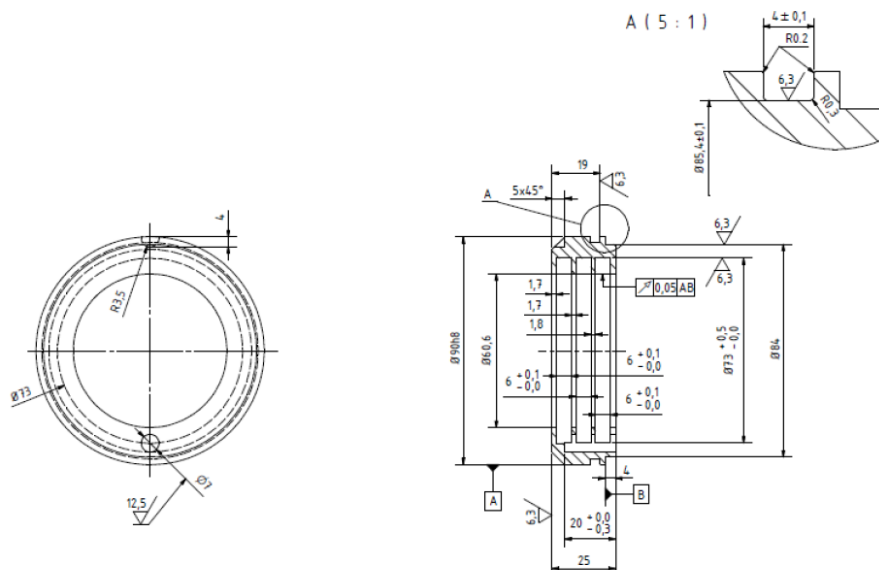
Obrábění součásti klasickým způsobem probíhá na konvenčních strojích, které má firma Sigma a.s. k dispozici. V tabulce níže jsou uvedeny obráběcí stroje, které jsou využity k výrobě těsnicího kroužku, včetně výčtu operací, které byly na daném stroji prováděny.

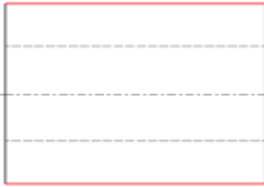

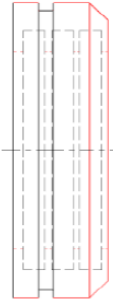
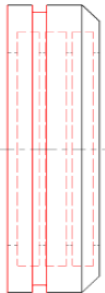
Tab. 2 - Seznam použitých obráběcích strojů

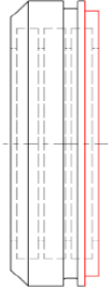

Stroj	Operace číslo
Soustruh SU50	10,20,30,40
Frézka svislá konzolová FB 32 V	60

3.2 Technologický postup klasickým způsobem

TECHNOLOGICKÝ POSTUP						Listů 4
Sestava	KROUŽEK				č.výkresu	V 743 469
Výrobek	KROUŽEK				počet ks	3
č. modelu	ks	hmotnost [kg]	rozměr polot.	ČSN	cena [Kč/kg]	cena [Kč]
16 360	1	6,4	Ø100/Ø48 l=120	423 119	300,-	1920,-
Cena materiálu celkem : 1920,-Kč						



Číslo oper.	Pracoviště	Popis práce	Náčrt operace	Nástroje, měřidla, přípravky	Řezné parametry		
					vc [mm. min ⁻¹]	a [mm]	s [mm. min ⁻¹]
10	Obrobna	Soustružení Upnout mezi rýhovaný unašeč a talířový hrot, opracovat na vnější $\varnothing 92$ po celé délce		Pravý ubírací nůž přímý 70°, Posuvné měřítko, Talířový hrot, Rýhovaný unašeč	25	4	0,32
20	Obrobna	Soustružení Upnout do sklíčidla, opracovat : uvnitř $\varnothing 56$ po celé délce		Vnitřní ubírací nůž, Sklíč.315,	20	4	0,25
30	Obrobna	Soustružení Upnout do sklíčidla a opracovat: čelní stěnu ; $\varnothing 90h8$, $l=30$; sražení hrany $5 \times 45^\circ$; zápich $\varnothing 4 \pm 0,1$ na $\varnothing 85,4 \pm 0,1$, $l=15$ od čelní stěny ; $\varnothing 60,6 \pm 0,1$, $l=30$; zápichy $\varnothing 6 \pm 0,1$ na $\varnothing 73 \pm 0,5$ dle výkresu ; upíchnout $l=25$ na $l=26$	 	Pravý nůž rohový, Pravý ubírací nůž ohnutý, Pravý zapichovací nůž, Zapichova. nůž vnitřní, Mezní obkročný kalibr 90h8, Sklíč.315	40 30 25	6,2 2,3 1	0,25 0,05 0,03

Číslo oper.	Pracoviště	Popis práce	Náčrt operace	Nástroje, měřidla, přípravky	Řezné parametry		
					vc [mm. min ⁻¹]	a [mm]	s [mm. min ⁻¹]
40	Obrobna	Soustružení Upnout do zatočených čelistí, opracovat : čelní stěna l=25 ; ø84, l=4		Pravý ubírací nůž ohnutý, Pravý nůž rohový, Sklič.315, Měkké čelisti	25	3	0,32 0,25
50	Obrobna	Rýsování Prorýsovat kus pro vrtání otvoru ø7 a R3,5					
60	Obrobna	Frézování Upnout na stůl stroje, vrtat dle rýsování : opracovat s přepínáním a obracením kusu 1x ø7, hl=20mm-0,3; 1x R3,5 dle výkresu		Válcová čelní fréza ø7, Šroub a upínka		20	0,07
70	Obrobna	Čistíma Odhrotit kus po vrtání					

Číslo oper.	Pracoviště	Popis práce	Náčrt operace	Nástroje, měřidla, přípravky	Řezné parametry		
					vc [mm. min ⁻¹]	a [mm]	s [mm. min ⁻¹]
80	OTK	Konečná kontrola rozměrů dle výkresu		Digitální posuvné měřítko, micromac			

3.3 Výpočet normy času

Operace č.10:

l – celková délka = 120 mm

l_p – délka přejezdu = 5 mm

l_n – délka nájezdu = 5 mm

i – počet záběrů (třísek) = 2

v_c – řezná rychlost = 25 m.min⁻¹

f – posuv = 0,3 mm.ot⁻¹

T_{ac} – norma jednotkového času s přírážkou směnového času.

t_a – jednotkový čas

k_c – koeficient směnového času 11,5 % = (1,113)

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 92} = 87 \text{ ot/min} \Rightarrow \text{volím } 90 \text{ ot/min} \quad [3]$$

$$t_s = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{f \cdot n} = \frac{130 \cdot 2}{0,3 \cdot 90} = 9,63 \text{ min} \quad [3]$$

$$T_{AC} = t_s \cdot k_c = 9,63 \cdot 1,113 = \mathbf{10,72 \text{ min}} \quad [5]$$

- Upnutí => **1 min**

Celkový čas v operaci => 10,72 + 1 = 11,72 min => pro 1ks = **3,9 min**

Operace č.20:

l – celková délka = 120 mm

l_p – délka přejezdu = 5 mm

l_n – délka nájezdu = 5 mm

i – počet záběrů (třísek) = 2

v_c – řezná rychlost = 25 m.min⁻¹

$f - \text{posuv} = 0,25 \text{ mm.ot}^{-1}$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 56} = 114 \text{ ot/min} \Rightarrow \text{volím } 140 \text{ ot/min} \quad [3]$$

$$t_s = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{f \cdot n} = \frac{130 \cdot 2}{0,25 \cdot 140} = 7,43 \text{ min} \quad [3]$$

$$T_{AC} = l_s \cdot k_c = 7,43 \cdot 1,113 = \mathbf{8,27 \text{ min}} \quad [5]$$

- Upnutí $\Rightarrow \mathbf{2 \text{ min}}$

Celkový čas v operaci $\Rightarrow 8,27 + 2 = 10,27 \text{ min} \Rightarrow \text{pro } 1 \text{ ks} = \mathbf{\underline{3,42 \text{ min}}}$

Operace č.30:

Čelní stěna:

$D - \text{maximální průměr} = 92 \text{ mm}$

$d - \text{minimální průměr} = 56 \text{ mm}$

$i - \text{počet záběrů (třísek)} = 1$

$v_c - \text{řezná rychlost} = 25 \text{ m.min}^{-1}$

$f - \text{posuv} = 0,25 \text{ mm.ot}^{-1}$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 92} = 87 \text{ ot/min} \Rightarrow \text{volím } 90 \text{ ot/min}$$

$$t_s = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{2 \cdot 1000 \cdot f \cdot v} = \frac{\pi \cdot (92^2 - 56^2)}{2 \cdot 1000 \cdot 0,25 \cdot 25} = 1,34 \text{ min} \quad [14]$$

$$T_{AC} = t_s \cdot k_c = 1,34 \cdot 1,113 = \mathbf{1,49 \text{ min}}$$

Na čisto $\varnothing 90\text{h}8$, $l=30 \text{ mm}$:

$l - \text{celková délka} = 30 \text{ mm}$

$l_n - \text{délka nájezdu} = 5 \text{ mm}$

$i - \text{počet záběrů (třísek)} = 1$

$$v_c - \text{řezná rychlost} = 40 \text{ m.min}^{-1}$$

$$f - \text{posuv} = 0,05 \text{ mm.ot}^{-1}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{\pi \cdot 90} = 140 \text{ ot/min}$$

$$t_s = \frac{(l_n + l) \cdot i}{f \cdot n} = \frac{35 \cdot 1}{0,05 \cdot 140} = 5 \text{ min}$$

$$T_{AC} = t_s \cdot k_c = 5 \cdot 1,113 = \mathbf{5,57 \text{ min}}$$

$$\mathbf{\underline{\text{Srazit hranu} = 1 \text{ min}}}$$

Vnější zápich :

$$f - \text{posuv} = 0,03 \text{ mm.ot}^{-1}$$

$$D - \text{maximální průměr} = 90 \text{ mm}$$

$$d - \text{minimální průměr} = 85,4 \text{ mm}$$

$$v_c - \text{řezná rychlost} = 30 \text{ m.min}^{-1}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30}{\pi \cdot 90} = 106 \text{ ot} \Rightarrow \text{volím } 112 \text{ ot/min}$$

$$t_s = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{2 \cdot 1000 \cdot f \cdot v_c} = \frac{\pi \cdot (90^2 - 85,4^2)}{2 \cdot 1000 \cdot 0,03 \cdot 30} = 1,4 \text{ min}$$

$$T_{AC} = t_s \cdot k_c = 1,4 \cdot 1,113 = \mathbf{1,56 \text{ min}}$$

Na čisto Ø60,6, l=30 mm :

$$l - \text{celková délka} = 30 \text{ mm}$$

$$l_n - \text{délka nájezdu} = 5 \text{ mm}$$

$$i - \text{počet záběrů (třísek)} = 1$$

$$v_c - \text{řezná rychlost} = 40 \text{ m.min}^{-1}$$

$$f - \text{posuv} = 0,05 \text{ mm.ot}^{-1}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{\pi \cdot 60,6} = 210 \text{ ot/min} \Rightarrow \text{volím } 224 \text{ ot/min}$$

$$t_s = \frac{(l_n + l) \cdot i}{f \cdot n} = \frac{35 \cdot 1}{0,05 \cdot 224} = 3,13 \text{ min}$$

$$T_{AC} = t_s \cdot k_c = 3,13 \cdot 1,113 = \mathbf{3,48 \text{ min}}$$

3x zápich vnitřní:

$$f - \text{posuv} = 0,03 \text{ mm.ot}^{-1}$$

$$D - \text{maximální průměr} = 92 \text{ mm}$$

$$d - \text{minimální průměr} = 56 \text{ mm}$$

$$v_c - \text{řezná rychlost} = 30 \text{ m.min}^{-1}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30}{\pi \cdot 73} = 130 \text{ ot/min} \Rightarrow \text{volím } 140 \text{ ot/min}$$

$$t_s = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{2 \cdot 1000 \cdot f \cdot v_c} = \frac{\pi \cdot (73^2 - 60,6^2)}{2 \cdot 1000 \cdot 0,03 \cdot 30} = 2,89 \text{ min} \Rightarrow \text{pro 1 zápich}$$

$$\text{pro 3 zápichy} \Rightarrow 3 \cdot 2,89 = 8,67 \text{ min}$$

$$T_{AC} = t_s \cdot k_c = 8,67 \cdot 1,113 = \mathbf{9,65 \text{ min}}$$

upíchnutí:

$$f - \text{posuv} = 0,03 \text{ mm.ot}^{-1}$$

$$D - \text{maximální průměr} = 90 \text{ mm}$$

$$d - \text{minimální průměr} = 60,6 \text{ mm}$$

$$v_c - \text{řezná rychlost} = 30 \text{ m.min}^{-1}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30}{\pi \cdot 90} = 130 \text{ ot/min} \Rightarrow \text{volím } 140 \text{ ot/min}$$

$$t_s = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{2 * 1000 * f * v_c} = \frac{\pi * (90^2 - 60,6^2)}{2 * 1000 * 0,03 * 30} = 7,73 \text{ min}$$

$$T_{AC} = t_s * k_c = 7,73 * 1,113 = \mathbf{8,6 \text{ min}}$$

Upnutí => **1min**

Celkový čas v operaci => 1,49 + 5,57 + 1 + 1,56 + 3,48 + 9,65 + 8,6 + 1 = 32,35 = **33 min**

Operace č.40:

Čelní stěna:

D – maximální průměr = 90 mm

d – minimální průměr = 60,6 mm

i – počet záběrů (třísek) = 1

v_c – řezná rychlost = 25 m.min⁻¹

f – posuv = 0,25 mm.ot⁻¹

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D} = \frac{1000 * 25}{\pi * 90} = 88 \text{ ot/min} \Rightarrow \text{volím } 90 \text{ ot/min}$$

$$t_s = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{2 * 1000 * f * v} = \frac{\pi * (90^2 - 60,6^2)}{2 * 1000 * 0,25 * 25} = 1,11 \text{ min} \quad [14]$$

$$T_{AC} = t_s * k_c = 1,11 * 1,113 = \mathbf{1,24 \text{ min}}$$

Ø84, l=4 mm :

l – celková délka = 4 mm

ln – délka nájezdu = 5 mm

i – počet záběrů (třísek) = 1

v_c – řezná rychlost = 25 m.min⁻¹

f – posuv = 0,3 mm.ot⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 84} = 95 \text{ ot/min} \Rightarrow \text{volím } 112 \text{ ot/min}$$

$$t_s = \frac{l \cdot i}{f \cdot n} = \frac{9 \cdot 1}{0,3 \cdot 112} = 0,27 \text{ min}$$

$$T_{AC} = t_s \cdot k_c = 0,27 \cdot 1,113 = \mathbf{0,3 \text{ min}}$$

- Upnutí $\Rightarrow \mathbf{1 \text{ min}}$

Celkový čas v operaci $\Rightarrow 1,24 + 0,3 + 1 = \mathbf{\underline{2,54 \text{ min}}}$

Operace č.60:

Frézovat otvor $\varnothing 7\text{mm}$, $l=20\text{mm}$:

l – celková délka = 20 mm

l_n – délka nájezdu = 5 mm

i – počet záběrů (třísek) = 1

n – otáčky vřetene = 400 ot/min

f – posuv = 0,07 mm.ot⁻¹

$$t_s = \frac{l \cdot i}{f \cdot n} = \frac{25 \cdot 1}{0,07 \cdot 400} = 0,89 \text{ min}$$

$$T_{AC} = t_s \cdot k_c = 0,89 \cdot 1,113 = \mathbf{1 \text{ min}}$$

Frézovat rádius R 3,5 dle výkresu $\Rightarrow \mathbf{0,5 \text{ min}}$

- Upnutí $\Rightarrow \mathbf{2 \text{ min}}$

Celkový čas v operaci $\Rightarrow 1 + 0,5 + 2 = \mathbf{\underline{3,5 \text{ min}}}$

Tab. 3 - Tabulka časů pro konvenční obrábění

Operace	Čas přípravy Tb[min]	Čas jednotkový Ta[min]
10	25	3,9
20	25	3,42
30	25	33
40	25	2,54
60	25	3,5
celkem	125	46,36

3.4 Obráběcí stroje použité při výrobě moderním způsobem

Obrábění součástí moderním způsobem probíhá na soustruhu PNK – 500 CNC, ale také na konvenčních strojích, které má firma Sigma a.s. k dispozici. V tabulce níže jsou uvedeny obráběcí stroje, které jsou využity k výrobě těsnícího kroužku, včetně výčtu operací, které byly na daném stroji prováděny.

Tab. 4 - Seznam použitých obráběcích strojů

Stroj	Operace číslo
Soustruh PNK – 500 CNC	20
Soustruh SU50	10,30
Frézka svislá konzolová FB 32 V	50

3.5 Soustruh PNK – 500 CNC

CNC soustruh typ PNK – 500 CNC je určen pro výrobu součástí přírubového a hřídelového typu do \varnothing 500 mm a délky 1050 mm. Stroj má souvislé řízení dráhy ve dvou souřadných osách (Z, X).

Stroj je vybaven dvanácti polohovou revolverovou hlavou pro nástroje, hydraulicky ovládaným koníkem, chlazením nástrojů a šikmým ložem, které zabezpečí dobrou tuhost celého stroje. Lože má čtyři vodící dráhy pro vřeteník, saně a koník.

Posuvový pohyb v ose Z se realizuje přes podélné saně. Posuv v ose X se realizuje přes příčné saně. Příčné saně se pohybují na podélných saních a jsou vedeny rybinovým vedením. Na tělese příčných saní se nachází nosič (zásobník) nástrojů a je poháněn elektromotorem zapínaným řídicím programovým signálem.

Upevnění nástroje v zásobníku je provedeno ve dvou variantách: přímo x nepřímě

- Při přímém upevnění je nástroj vsazen v kotouči zásobníku do k tomu předvídané drážky. Tímto způsobem lze upevnit 6 nástrojů pro vnější obrábění.
- Při nepřímém upevnění se nástroj nejdříve upne do držáku nástroje, a pak se držák s nástrojem upevní do kotouče zásobníků nástrojů. Na kotouči je k dispozici 6 otvorů pro uchycení držáků, v nichž se upínají nástroje pro vnější a vnitřní obrábění. Celkem tedy má zásobník nástrojů kapacitu 12 nástrojů.



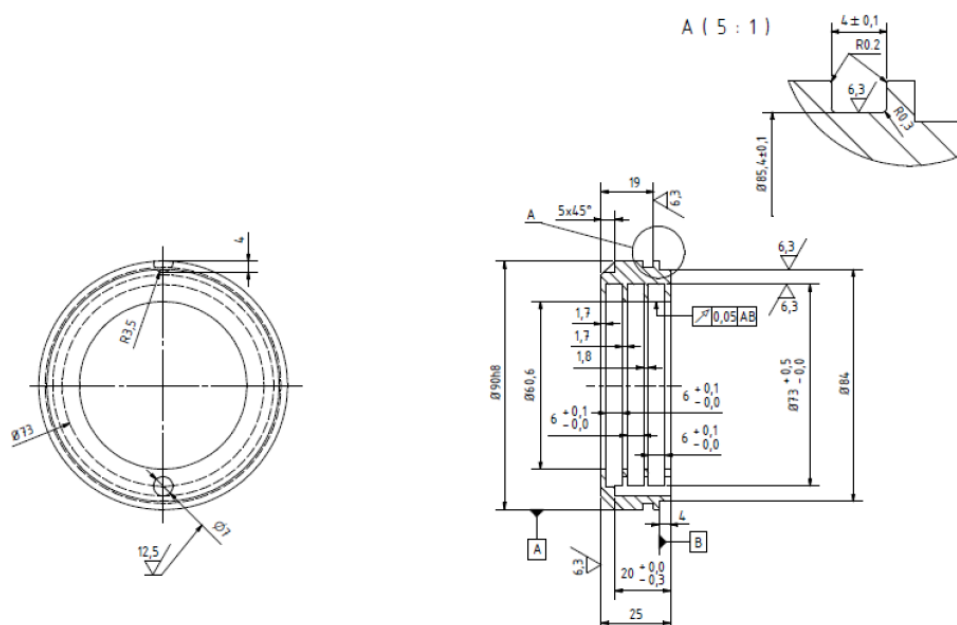
Obr. 7 - Ilustrační foto – zásobník nástrojů


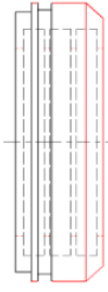
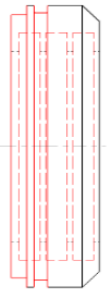
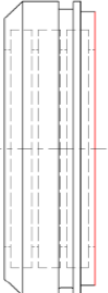



Obr. 8 - Soustruh PNK – 500 CNC

3.6 Technologický postup PNK - 500 CNC

TECHNOLOGICKÝ POSTUP						Listů 3
Sestava	KROUŽEK				č.výkresu	V 743 469
Výrobek	KROUŽEK				počet ks	3
č. modelu	ks	hmotnost [kg]	rozměr polot.	ČSN	cena [Kč/kg]	cena [Kč]
16 360	1	6,4	Ø100/Ø48 l=120	42 3119	300,-	1920,-
Cena materiálu celkem :						1920,-Kč



Číslo oper.	Pracoviště	Popis práce	Náčrt operace	Nástroje, měřidla, přípravky	Řezné parametry		
					vc [mm. min ⁻¹]	a [mm]	s [mm. min ⁻¹]
10	Obrobna	Soustružení Upnout mezi rýhovaný unašeč a talířový hrot, opracovat na vnější ø92 po celé délce		Nůž pro vnější soustružení, Posuvné měřítko, Talířový hrot, Rýhovaný unašeč	40	4	0,37
20	Obrobna	Soustružení dle návodky: Upnout do sklíčidla, obrobit: čelo součásti hotově, hranu 5x45° ; ø90h8, l=30mm ; ø60,6+0,1, l=30mm; zápichy š=6+0,1 na ø73+0,5 dle výkresu; zápich š=4±0,1 na ø85,4±0,1 l=19 od čelní stěny , ø84 x l=4 na l=4,5 , upíchnout na l=25,5		Nástroje - viz. nástrojový list			
							
30	Obrobna	Soustružení Upnout do zatočených čelistí + vyrovnat obrobit: čelní stěnu na l=25 ze strany ø84		Nůž pro vnější soustružení, Digitální posuvné měřítko, Sklíč. 315, Měkké čelisti	40	0,5	0,37

Číslo oper.	Pracoviště	Popis práce	Náčrt operace	Nástroje, měřidla, přípravky	Řezné parametry		
					vc [mm. min ⁻¹]	a [mm]	s [mm. min ⁻¹]
40	Obrobna	Rýsování Prorýsovat kus pro vrtání otvoru $\phi 7$ a R3,5					
50	Obrobna	Frézování Upnout na stůl stroje, vrtat dle rýsování : opracovat s přepínáním a obracením kusu 1x $\phi 7$, hl=20mm-0,3; 1x R3,5 dle výkresu		Válcová čelní fréza $\phi 7$, Šroub a upínka		20	0,07
60	Obrobna	Čistíma Odhrotit kus po vrtání					
70	OTK	Konečná kontrola rozměrů dle výkresu		Digitální posuvné měřítka, micromac			

3.7 Programová návodka

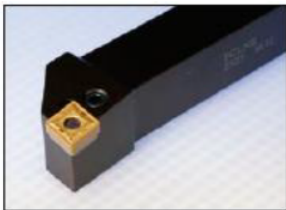



PROGRAMOVÁ NÁVODKA PNK - 500 CNC																																																
<p><u>Seřízení stroje PNK - 500 CNC</u></p> <p>Upni za : $\varnothing 92$ Čelisti : zatočené čelisti Počátek : čelo součásti L = 25</p> <p>Nástrojová hlava:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Poloha</th> <th style="width: 10%;">K.Č.</th> <th style="width: 20%;">Nástroj</th> <th style="width: 20%;">Destička / uložení</th> <th style="width: 10%;">X</th> <th style="width: 10%;">Z</th> <th style="width: 20%;">Poznámka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T 7</td> <td>100</td> <td>PCLNL 2525M12</td> <td>CNMG 120408E-M 8016</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>T 9</td> <td>100</td> <td>PCLNL 2525M12</td> <td>CNMG 120408E-M 8016</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>T 4</td> <td>300</td> <td>S25T - PCLNL12</td> <td>CNMG 120408 8016</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>T 11</td> <td>309</td> <td>A25S - GGFL0413</td> <td>GIPI-4-0.4 P25 8030</td> <td></td> <td></td> <td>š = 4</td> </tr> <tr> <td>T 1</td> <td>116</td> <td>GHGL - 25 - 425</td> <td>GIP-4.00E-0.40</td> <td></td> <td></td> <td>š = 4</td> </tr> </tbody> </table>							Poloha	K.Č.	Nástroj	Destička / uložení	X	Z	Poznámka	T 7	100	PCLNL 2525M12	CNMG 120408E-M 8016				T 9	100	PCLNL 2525M12	CNMG 120408E-M 8016				T 4	300	S25T - PCLNL12	CNMG 120408 8016				T 11	309	A25S - GGFL0413	GIPI-4-0.4 P25 8030			š = 4	T 1	116	GHGL - 25 - 425	GIP-4.00E-0.40			š = 4
Poloha	K.Č.	Nástroj	Destička / uložení	X	Z	Poznámka																																										
T 7	100	PCLNL 2525M12	CNMG 120408E-M 8016																																													
T 9	100	PCLNL 2525M12	CNMG 120408E-M 8016																																													
T 4	300	S25T - PCLNL12	CNMG 120408 8016																																													
T 11	309	A25S - GGFL0413	GIPI-4-0.4 P25 8030			š = 4																																										
T 1	116	GHGL - 25 - 425	GIP-4.00E-0.40			š = 4																																										
<p>Korekce:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Posunutí</th> <th style="width: 10%;">Korekce</th> <th style="width: 10%;">Poloha</th> <th style="width: 70%;">Korigovaný rozměr</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>G 54</td> <td>D 7</td> <td>T 7</td> <td>čelo součásti hotově, hrana 5x45°</td> </tr> <tr> <td>G 54</td> <td>D 9</td> <td>T 9</td> <td>$\varnothing 90h8$, l=30mm</td> </tr> <tr> <td>G 54</td> <td>D 4</td> <td>T 4</td> <td>$\varnothing 60,6+0,1$, l=30mm</td> </tr> <tr> <td>G 54</td> <td>D 11</td> <td>T 11</td> <td>zápichy š=6+0,1 na $\varnothing 73+0,5$ dle výkresu</td> </tr> <tr> <td>G 54</td> <td>D 1</td> <td>T 1</td> <td>zápich š=4±0,1 na $\varnothing 85,4\pm 0,1$, l=19mm od čelní stěny , $\varnothing 84 \times l=4$mm na l=4,5mm, upíchnout na l=25,5</td> </tr> </tbody> </table>							Posunutí	Korekce	Poloha	Korigovaný rozměr	G 54	D 7	T 7	čelo součásti hotově, hrana 5x45°	G 54	D 9	T 9	$\varnothing 90h8$, l=30mm	G 54	D 4	T 4	$\varnothing 60,6+0,1$, l=30mm	G 54	D 11	T 11	zápichy š=6+0,1 na $\varnothing 73+0,5$ dle výkresu	G 54	D 1	T 1	zápich š=4±0,1 na $\varnothing 85,4\pm 0,1$, l=19mm od čelní stěny , $\varnothing 84 \times l=4$ mm na l=4,5mm, upíchnout na l=25,5																		
Posunutí	Korekce	Poloha	Korigovaný rozměr																																													
G 54	D 7	T 7	čelo součásti hotově, hrana 5x45°																																													
G 54	D 9	T 9	$\varnothing 90h8$, l=30mm																																													
G 54	D 4	T 4	$\varnothing 60,6+0,1$, l=30mm																																													
G 54	D 11	T 11	zápichy š=6+0,1 na $\varnothing 73+0,5$ dle výkresu																																													
G 54	D 1	T 1	zápich š=4±0,1 na $\varnothing 85,4\pm 0,1$, l=19mm od čelní stěny , $\varnothing 84 \times l=4$ mm na l=4,5mm, upíchnout na l=25,5																																													
<p>Měřidla : třmenový mikrometr, mezní obkročný kalibr 90h8, 3bodový mikrometrický dutinoměr, dig.posuv.měřítka, dig.posuv.měřítka s měřicími čelistmi zalomenými ven</p> <p>Kontrola : l=25 na l=25.5, $\varnothing 90h8$ l=30, $\varnothing 60.6+0.1$ l=30, zápichy š=6+0.1 na $\varnothing 73+0.5$ dle V, zápich š=4+0.1 na $\varnothing 85.4\pm 0.1$ l=19 od čelní stěny, $\varnothing 84 \times l=4$ na 4.5</p> <p>Poznámka : Hotově ze strany 5x45°, délka součásti l=25 na l=25.5</p>																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Pracoviště : 34448</td> <td style="width: 25%;">Ot. řada :</td> <td style="width: 25%;">Č. výkresu : V743469</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>Oper. č.: 20</td> <td>Čas cyklu: 17[min]</td> <td>Č postupu : 50-4V743469</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mín.dávka: 5</td> <td></td> <td>Typ : Těsnicí labyrint.kroužky SIG</td> <td></td> </tr> </table>							Pracoviště : 34448	Ot. řada :	Č. výkresu : V743469		Oper. č.: 20	Čas cyklu: 17[min]	Č postupu : 50-4V743469		Mín.dávka: 5		Typ : Těsnicí labyrint.kroužky SIG																															
Pracoviště : 34448	Ot. řada :	Č. výkresu : V743469																																														
Oper. č.: 20	Čas cyklu: 17[min]	Č postupu : 50-4V743469																																														
Mín.dávka: 5		Typ : Těsnicí labyrint.kroužky SIG																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Zpracoval : Ing. Švec Dne: 27.3.2013</td> <td style="width: 50%;">Název : Kroužek SIG 90/60</td> </tr> <tr> <td>Schválil :</td> <td>Materiál : 42 3119</td> </tr> <tr> <td>Dne:</td> <td>Polotovar : č.m. 16360</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Č.programu : 048911</td> </tr> </table>							Zpracoval : Ing. Švec Dne: 27.3.2013	Název : Kroužek SIG 90/60	Schválil :	Materiál : 42 3119	Dne:	Polotovar : č.m. 16360		Č.programu : 048911																																		
Zpracoval : Ing. Švec Dne: 27.3.2013	Název : Kroužek SIG 90/60																																															
Schválil :	Materiál : 42 3119																																															
Dne:	Polotovar : č.m. 16360																																															
	Č.programu : 048911																																															

SIGMA GROUP a.s.

Tab. 5 - Operační list

Číslo operace	Nástroj číslo	OPERAČNÍ LIST	
1	100	Popis operace:	- začistit čelo hotově, $a=0,5-1\text{mm}$, $f=0,3\text{mm/ot}$, $v_c=80\text{m/min}$, $n=670\text{ot/min}$ - opracovat hranu $5\times 45^\circ$, $f=0,3\text{mm/ot}$, $v_c=80\text{m/min}$, $n=670\text{ot/min}$
		Popis nástroje:	Nůž pro vnější soustružení PCLNL 2525M12 - PRAMET
		Čas cyklu:	0:00:45
2	100	Popis operace:	- opracovat $\varnothing 90\text{h}8$, $l=30\text{mm}$, $a=1\text{mm}$, $f=0,2\text{mm/ot}$, $v_c=110\text{m/min}$, $n=400\text{ot/min}$
		Popis nástroje:	Nůž pro vnější soustružení PCLNL 2525M12 - PRAMET
		Čas cyklu:	0:00:53
3	300	Popis operace:	- opracovat $\varnothing 60,6^{+0,1}\text{mm}$, $l=30\text{mm}$, $a=6,3\text{mm}$, $f=0,15\text{mm/ot}$, $v_c=100\text{m/min}$, $n=530\text{ot/min}$
		Popis nástroje:	Nůž pro vnitřní soustružení S25T - PCLNL12 - PRAMET
		Čas cyklu:	0:00:58
4	309	Popis operace:	- opracovat zápichy $\varnothing 6^{+0,1}\text{mm}$ na $\varnothing 73^{+0,5}\text{mm}$, $a=6,2\text{mm}$, $f_z=0,05\text{mm/ot}$, $v_c=50\text{m/min}$, $n=220\text{ot/min}$
		Popis nástroje:	Nůž pro vnitřní soustružení, upichovací a zapichovací nůž A25S - GGFL0413 - PRAMET
		Čas cyklu:	0:08:27
5	116	Popis operace:	- opracovat zápich $\varnothing 4^{\pm 0,1}\text{mm}$ na $\varnothing 85,4^{\pm 0,1}\text{mm}$, $l=19\text{mm}$ od čelní stěny, $a=2,3\text{mm}$, $f=0,1\text{mm/ot}$, $v_c=50\text{m/min}$, $n=190\text{ot/min}$ - opracovat $\varnothing 84\text{mm}$, $l=4\text{mm}$ na $l=4,5\text{mm}$, $a=3\text{mm}$, $f=0,1\text{mm/ot}$, $v_c=50\text{m/min}$, $n=190\text{ot/min}$ - upíchnout na $l=25,5\text{mm}$, $f=0,1\text{mm/ot}$, $v_c=50\text{m/min}$, $n=220\text{ot/min}$
		Popis nástroje:	Nůž pro vnější soustružení, upichovací a zapichovací nůž GHGL - 25 - 425 - ISCAR
		Čas cyklu:	0:05:25
Celkový čas:		0:16:30	

Tab. 6 - *Nástrojový list [11,12,13]*

NÁSTROJOVÝ LIST				
Označení nástroje	Název nástroje	Nožový držák	Vyměnitelná břitová dest.	Obrázek nástroje
100	Nůž pro vnější soustružení	PCLNL 2525M12	CNMG 120408 E-M 8016	
300	Nůž pro vnitřní soustružení	S25T - PCLNL12	CNMG 120408 E-M 8016	
309	Nůž pro vnitřní soustružení, upichovací a zapichovací nůž	A25S - GGFL0413	LCMF 041304-F 8030	
116	Nůž pro vnější soustružení, upichovací a zapichovací nůž	GHGL - 25 - 425	GIP-4.00E-0.40	

3.8 Výpočet normy času

Operace č.10:

l – celková délka = 120 mm

l_p – délka přejezdu = 5 mm

l_n – délka nájezdu = 5 mm

i – počet záběrů (třísek) = 2

v_c – řezná rychlost = 40 m.min⁻¹

f – posuv = 0,37 mm.ot⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{\pi \cdot 92} = 138 \text{ ot/min} \Rightarrow \text{volím } 140 \text{ ot/min} \quad [3]$$

$$t_s = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{f \cdot n} = \frac{130 \cdot 2}{0,37 \cdot 140} = 5,02 \text{ min} \quad [3]$$

$$T_{AC} = t_s \cdot k_c = 5,02 \cdot 1,113 = 5,59 \text{ min} \quad [5]$$

- Upnutí => **1 min**

Celkový čas v operaci => 5,59 + 1 = 6,59 min => pro 1ks = **2,2 min**

Operace č.20:

Soustružení dle návodky + 3 min upnutí => 16,5 + 3 = **19,5 min**

Operace č.30:

Čelní stěna:

D – maximální průměr = 92 mm

d – minimální průměr = 56 mm

i – počet záběrů (třísek) = 1

v_c – řezná rychlost = 40 m.min⁻¹

f – posuv = 0,37 mm.ot⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 40}{\pi \cdot 84} = 152 \text{ ot/min} \Rightarrow \text{volím } 180 \text{ ot/min}$$

$$t_s = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{2 \cdot 1000 \cdot f \cdot v} = \frac{\pi \cdot (84^2 - 60,6^2)}{2 \cdot 1000 \cdot 0,37 \cdot 40} = 0,36 \text{ min} \quad [14]$$

$$T_{AC} = t_s \cdot k_c = 0,36 \cdot 1,113 = \mathbf{0,40 \text{ min}}$$

- Upnutí \Rightarrow **1 min**

Celkový čas v operaci $\Rightarrow 0,40 + 1 = \mathbf{1,40 \text{ min}}$

Operace č.50:

Frézovat otvor $\varnothing 7\text{mm}$, $l=20\text{mm}$:

l – celková délka = 20 mm

l_n – délka nájezdu = 5 mm

i – počet záběrů (třísek) = 1

n – otáčky vřetene = 400 ot/min

f – posuv = 0,07 mm.ot⁻¹

$$t_s = \frac{l \cdot i}{f \cdot n} = \frac{25 \cdot 1}{0,07 \cdot 400} = 0,89 \text{ min}$$

$$T_{AC} = t_s \cdot k_c = 0,89 \cdot 1,113 = \mathbf{1 \text{ min}}$$

Frézovat rádius R 3,5 dle výkresu \Rightarrow **0,5 min**

- Upnutí \Rightarrow **2 min**

Celkový čas v operaci $\Rightarrow 1 + 0,5 + 2 = \mathbf{3,5 \text{ min}}$

Tab. 7 - *Tabulka časů pro CNC*

Operace	Čas přípravy Tb[min]	Čas jednotkový Ta[min]
10	25	2,2
20	45	19,5
30	25	1,4
50	25	3,5
celkem	120	26,6

4. Diskuze experimentálních prací

Cílem této bakalářské práce bylo zmodernizovat stávající technologický postup, který probíhá pouze klasickým konvenčním způsobem výroby. Z tohoto důvodu byla vytvořena programová návodka.

Při zkušebním obrábění bronzového těsnícího kroužku na CNC soustruhu PNK – 500 CNC byly použity nástroje firem Pramet Šumperk a ISCAR.

Při prvním pokusu byla zvolena pro dokončení čela Ø92/Ø48 výměnná břitová destička CNMG 120408 E-M materiál 8016. S touto VBD jsme dosáhli lepší drsnosti povrchu na čele, než je drsnost uvedená na výkrese.

Při druhém pokusu jsem použil stejnou VBD, ale z původně zvolené hodnoty posuvu $f=0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$ jsem posuv zvýšil na $f=0,3 \text{ mm.ot}^{-1}$. Výsledkem byla horší drsnost povrchu než u prvního pokusu, ale drsnost povrchu vyhovovala požadované drsnosti. Změnou velikosti posuvu bylo dosaženo úspory strojního času asi o 15s.

Opracování Ø90h8 s použitým posuvem $f=0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$ a stále stejným nástrojem proběhlo úspěšně a drsnost obrobeného povrchu vyhovovala požadavkům na výkresu.

Naopak při obrábění vnitřního Ø60,6^{+0,1} a původním posuvu $f=0,2 \text{ mm.ot}^{-1}$ jsem nedosáhl požadované drsnosti povrchu. Z tohoto důvodu jsem velikost posuvu snížil na $f=0,15 \text{ mm.ot}^{-1}$ a drsnost povrchu již byla vyhovující dle výkresu.

Při zapichování a upichování s VBD s rádiusem R 0,4mm byla dosažena vyhovující kvalita povrchu. Naopak při VBD s rádiusem R 0,2mm a za stejných podmínek jako u VBD s R 0,4mm drsnost nevyhovovala.

Z dosažených výsledků vyplývá, že pro výrobu 15ks bronzových těsnících kroužků je výhodnější použití CNC soustruhu. Při velkosériové nebo hromadné výrobě těsnícího kroužku by se další snížení celkových nákladů na obrábění dalo uskutečnit řešením dorazu nebo jiného zařízení pro potahování obrobku. Při našich pokusech byl polotovar těsnícího kroužku potahován ručně a vysunutí ze sklíčidla měřeno hloubkoměrem.

5. Technicko – ekonomické zhodnocení

Výnosnost modernizovaného technologického postupu bude zhodnocena porovnáním spotřeby časů a celkových nákladů vynaložených na výrobu těsnícího kroužku vyrobeného podle dříve používané konvenční metody a modernizovaného postupu užitím soustruhu PNK – 500 CNC. Spotřeba času byla určena z výpočtů normy času a využitím programové návody sestavené pro CNC soustruh. Do spotřeby času jsou započítány časy pro provedení každé operace a jejich přípravu.

Výpočet nákladů na jednotlivé operace vychází ze spotřeby času a hodinové sazby na určitý stroj (u odhrocení po vrtání – zámečník). Jednotlivé sazby jsou uvedeny v tabulce níže.

Tab. 8 - Hodinové sazby strojů

Použité stroje při výrobě	Hodinová sazba Nhs [Kč.hod-1]
Soustruh SU 50	700
Soustruh PNK - 500 CNC	1100
Frézka svislá konzolová FB 32 V	700
Zámečník	220

5.1 Výpočet nákladů pro výrobu 15 ks

Tab. 9 - Spotřeba času a náklady na obrábění při klasické výrobě kroužku

Číslo operace	Čas přípravy Tb [min]	Čas jednotkový Ta [min]	Hodinová sazba Nhs [Kč.hod-1]	Náklady Ni[Kč]
10	25	3,9	700	974 Kč
20	25	3,42	700	890 Kč
30	25	33	700	6 067 Kč
40	25	2,54	700	736 Kč
60	25	3,5	700	904 Kč
70		3	220	165 Kč
Náklady na obrábění 15 ks [Kč]				9 736 Kč

Tab. 10 - Celkové náklady na výrobu při klasické metodě obrábění

Práce	Náklady Ni [Kč]
Cena materiálu	9600
Náklady na obrábění	9736
Režijní náklady - 50%	4868
Celkem :	24204
Plánovaný zisk 35%	8471
Cena celkem za 15ks :	32675

Tab. 11 - Spotřeba času a náklady na obrábění při výrobě na CNC soustruhu

Číslo operace	Čas přípravy Tb [min]	Čas jednotkový Ta [min]	Hodinová sazba Nhs [Kč.hod-1]	Náklady Ni[Kč]
10	25	2,2	700	677 Kč
20	45	19,5	1100	6 188 Kč
30	25	1,4	700	537 Kč
50	25	3,5	700	904 Kč
60		3	220	165 Kč
Náklady na obrábění 15 ks [Kč]				8 470 Kč

Příklad výpočtu operace č.20:

$$Ni = ((x * Ta) + Tb) * \left(\frac{Nhs}{60}\right) = ((15 * 19,5) + 45) * \left(\frac{1100}{60}\right) = 6188 \text{ Kč}$$

Tab. 12 - Celkové náklady na výrobu při výrobě na CNC soustruhu

Práce	Náklady Ni [Kč]
Cena materiálu	9600
Náklady na obrábění	8470
Režijní náklady - 50%	4235
Celkem :	22305
Plánovaný zisk 35%	7807
Cena celkem za 15ks :	30112

Tab. 13 - Porovnání cen metod obrábění

	Cena [Kč]
	15 ks
Obrábění - klasická metoda	32675
Obrábění - PNK - 500 CNC	30112
Rozdíl mezi postupy	2563

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že cena výroby 15ks těsnícího kroužku při použití moderního způsobu obrábění na soustruhu PNK – 500 CNC je rozdílná o 2563,-Kč.

5.2 Výhodnost využití soustruhu PNK – 500 CNC od určitého počtu kusů

Tab. 14 - Spotřeba času a náklady na obrábění při klasické výrobě kroužku

Číslo operace	Čas přípravy Tb [min]	Čas jednotkový Ta [min]	Hodinová sazba Nhs [Kč.hod-1]	Náklady Ni[Kč]
10	25	3,9	700	428 Kč
20	25	3,42	700	411 Kč
30	25	33	700	1 447 Kč
40	25	2,54	700	381 Kč
60	25	3,5	700	414 Kč
70		3	220	33 Kč
Náklady na obrábění 3 ks [Kč]				3 114 Kč

Tab. 15 - Celkové náklady na výrobu při klasické metodě obrábění

Práce	Náklady Ni [Kč]
Cena materiálu	1920
Náklady na obrábění	3114
Režijní náklady - 50%	1557
Celkem :	6591
Plánovaný zisk 35%	2307
Cena celkem za 3ks :	8898

Tab. 16 - Spotřeba času a náklady na obrábění při výrobě na CNC soustruhu

Číslo operace	Čas přípravy Tb [min]	Čas jednotkový Ta [min]	Hodinová sazba Nhs [Kč.hod-1]	Náklady Ni[Kč]
10	25	2,2	700	369 Kč
20	45	19,5	1100	1 898 Kč
30	25	1,4	700	341 Kč
50	25	3,5	700	414 Kč
60		3	220	33 Kč
Náklady na obrábění 3 ks [Kč]				3 054 Kč

Tab. 17 - Celkové náklady na výrobu při výrobě na CNC soustruhu

Práce	Náklady Ni [Kč]
Cena materiálu	1920
Náklady na obrábění	3054
Režijní náklady - 50%	1527
Celkem :	6501
Plánovaný zisk 35%	2275
Cena celkem za 3 ks :	8776

Tab. 18 - Porovnání cen metod obrábění

	Cena [Kč]
	3 ks
Obrábění - klasická metoda	8898
Obrábění - PNK - 500 CNC	8776
Rozdíl mezi postupy	122

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že využití stroje PNK – 500 CNC je vhodné již od výroby 3 ks těsnícího kroužku. Rozdílná cena při výrobě 3 ks kroužku je 122,-Kč.

6. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce byla modernizace obrábění těsnícího kroužku, který se nachází v tělese kozlíku v čerpadle. Zároveň došlo k dalšímu využití soustruhu PNK – 500 CNC a minimalizaci využití konvenčního obrábění. Počet vyráběných kroužků byl stanoven podle potřeb firmy Sigma Lutín a.s. na 15ks.

Po celkovém ekonomickém zhodnocení pro požadovanou výrobu 15ks těsnícího kroužku jsem došel k závěru, že je výhodnější k výrobě využít CNC soustruh. Úspora je jak časová, tak i finanční.

Po dalším vyhodnocení z ekonomického hlediska jsem zjistil, že CNC soustruh je výhodné využít již pro výrobu 3 ks těsnícího kroužku. Výroba toho počtu není tak značně výhodná, ale využití konvenčního obrábění je při tomto počtu nevýhodné.

Každá z metod obrábění má své kladné i záporné strany. CNC soustruh obrábí rychleji, ale je nutné mít dalšího zaměstnance na vytvoření programu pro CNC stroj. Výroba na CNC stroji je výhodná při sériové výrobě nebo při opakované výrobě, protože již vytvořený program v případě využití stejného CNC stroje není nutno vytvářet.

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. z katedry obrábění a montáže, VŠB – TU Ostrava za ochotné a přínosné rady při zpracování bakalářské práce.

Dále bych rád poděkoval Ing. Vítu Švecovi z firmy Sigma Lutín, a.s. za možnost vypracovat tuto bakalářskou práci, za programovou návodku a za jeho cenné rady ke zpracování bakalářské práce, poděkování také patří celé rodině za její podporu.

7. Seznam použité literatury

- [1] SKOPEČEK, Tomáš, VODIČKA, Jaroslav, PAHL, Jörg-Peter a HERKNER, Volkmar. *Základy vysokorychlostního obrábění - HSC*. 1. vydání. Plzeň: Vydavatelství Západočeské univerzity v Plzni, 2005, 133 s. ISBN 80-7043-344-2.
- [2] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [3] ČERNOCH, Svatopluk. *Strojně technická příručka II.díl*. Praha: SNTL, 1977, 2568 s.
- [4] ADAMEC, Jaromír a TICHÁ, Šárka. *Programování CNC systému EMCOTRONIC TM02 - Soustružení*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. 100 s. ISBN 978-80-248-1915-0.
- [5] VÝZKUMNÝ ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE A EKONOMIKY. *Metodika normování práce, Díl 1*. Praha: Federální ministerstvo hutnictví a strojírenství, 1973. 415 s.
- [6] KENNEY INDUSTRIAL TOOL COMPANY, California, USA. [online]. 2011 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://www.pcd-tools.com/index.html>
- [7] Pokročilé řezné materiály. *Seco Tools* [online]. © 2013 [cit. 2013-04-02]. Dostupné z: <http://www.secotools.com/en/Global/Products/Advanced-cutting-materials/PCBN/Secomax-CBN010/>
- [8] ŠVARAL, Štefan. *Obrábanie nástrojmi z diamantu a kubického nitridu bóru*. 1. vyd. Bratislava, 1977.
- [9] BILÍK, Oldřich. *Obrábění I*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Strojní fakulta, 2001-2002, 2 sv. ISBN 80-7078-811-91.

- [10] BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; SADÍLEK, Marek; PETŘKOVSKÁ, Lenka a NOVÁKOVÁ, Jana. *Nové směry v progresivním obrábění* [CD]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2007, 1 CD-R. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [11] Katalog soustružení 2012. *PRAMET* [online]. Šumperk, © 2013 [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.pramet.com/cz/ke-stazeni.html>
- [12] Iscar Catalog. *Vnější nožové držáky pro hluboké operace* [online]. 2013 [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/Ecat/item.asp?GFSTYP=M&fnum=170&tool=T&mapp=TG&cat=2800650&lang=WZ&search=Y>
- [13] Iscar Catalog. *Broušené destičky pro soustružení a zapichování* [online]. 2013 [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.iscar.com/Ecat/item.asp?GFSTYP=M&fnum=208&tool=I&mapp=TG&cat=6404299&lang=WZ&search=Y>
- [14] Základní veličiny obrábění. *VUT Brno, Fakulta strojního inženýrství* [online]. Brno, 2012 [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/ust/Cv/Cv1.pdf>

8. Seznam příloh

Příloha A – Výkres sestavy těsnícího kroužku

Příloha B – Těleso kozlíku

Příloha C – Seznam obrázků

Příloha D – Seznam tabulek